

# Integrated photoelectronic device with ejected reflection mirror and foration and operation method

Publication number: CN1296191

Publication date: 2001-05-23

Inventor: WOOD ROBERT L (CA); HILL ADWARD ATHER (CA)

Applicant: JDS UNIPHASE CORP (CA)

Classification:

- international: **G02B26/08; G02B26/08**; (IPC1-7): G02B26/00; G02B1/02; G02B5/08

- european: G02B26/08M4E

Application number: CN20000133799 20001110

Priority number(s): US19990165317P 19991112; US20000511928 20000223

Also published as:

EP1099973 (A2)  
US6942814 (B2)  
US6535318 (B1)  
US2003117679 (A1)  
EP1099973 (A3)

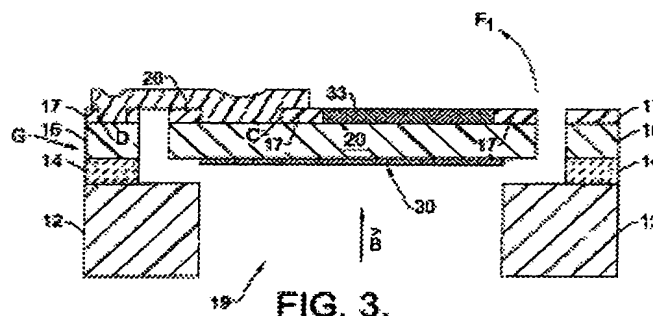
more >>

[Report a data error here](#)

Abstract not available for CN1296191

Abstract of corresponding document: **EP1099973**

Integrated optoelectronic devices having pop-up mirrors therein include a substrate (e.g., SOI substrate) having an opening therein that extends at least partially therethrough. A mirror having near diffraction-limited quality is also provided in the opening and is mechanically coupled to the substrate by a hinge so that the mirror can be rotated from a closed position to an open position. The mirror may be formed from a monocrystalline silicon mirror backing layer having a thickness greater than about 10 nm and an optically reflective mirror surface on the backing layer. The mirror surface may comprise gold or aluminum and may be applied to the backing layer using an evaporation or sputtering technique. This monocrystalline silicon mirror backing layer is highly resistant to warping or other distortions caused when stresses are applied to it. The hinge also preferably comprises a polycrystalline silicon hinge that provides a mechanical and an electrical connection to the substrate. A layer of metal such as nickel is also provided on a back surface of the mirror backing layer so that an application of a sufficiently strong magnetic field to the opening will induce a force on the layer of metal that operates to pull the mirror backing layer to an upright position. An electrostatic polysilicon clamp electrode is also provided on the monocrystalline silicon mirror backing layer. This clamp electrode can be used advantageously to clamp the mirror in a closed position even if a sufficiently strong magnetic field is applied to the opening. Thus, a substrate having a plurality of individually controllable reflective microstructures (e.g., "pop-up" mirrors) can be provided.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

G02B 26/00

G02B 5/08 G02B 1/02

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00133799.8

[43] 公开日 2001 年 5 月 23 日

[11] 公开号 CN 1296191A

[22] 申请日 2000.11.10 [21] 申请号 00133799.8

[30] 优先权

[32] 1999.11.12 [33] US [31] 60/165,317

[32] 2000.2.23 [33] US [31] 09/511,928

[71] 申请人 JDS 尤尼费斯公司

地址 加拿大安大略

[72] 发明人 罗伯特·L·武德

艾德华·阿瑟·希尔

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事  
务所

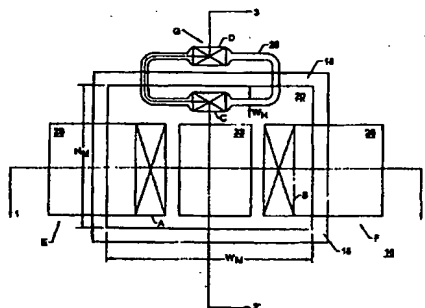
代理人 王茂华

权利要求书 8 页 说明书 10 页 附图页数 10 页

[54] 发明名称 其中带有弹出反射镜的集成光电子装置  
及形成与操作方法

[57] 摘要

公开了其中带有弹出反射镜的集成光电子装置及形成与操作所述装置的方法。所述装置包括其中有一个开口、至少部分地贯通延伸的衬底(例如 SOI 衬底)。在开口内还提供具有近似地限制衍射的质量的反射镜,通过一个铰链机械地同衬底连接,使得反射镜能从闭合位置转动到打开位置。在单晶硅底层上还提供多晶硅静电电压紧电极。该电极可方便地用于在即使对开口施加一个足够强的磁场的情况下将反射镜压紧在闭合位置。



ISSN 1008-4274

知识产权出版社出版

# 权 利 要 求 书

1.一种形成光电子装置的方法，包括步骤：

在其上面有一个第一电绝缘层的衬底上形成一个导电层；

通过形成一个延伸经过导电层并暴露第一电绝缘层的第一表面的槽，由第一导电层形成一个反射镜底层；

去除一部分衬底与相应部分的第一电绝缘层以暴露反射镜底层的前表面；

在反射镜底层的前表面上形成一个光反射镜面；以及

凹陷第一电绝缘层以暴露槽。

2.根据权利要求 1 的方法，其中在形成一个槽的所述步骤之后是形成槽内牺牲的绝缘区域的步骤。

3.根据权利要求 2 的方法，其中所述凹陷步骤包括使用光反射镜面作为蚀刻掩模选择地蚀刻第一电绝缘层与槽内牺牲的绝缘区域。

4.根据权利要求 2 的方法，其中所述形成槽内牺牲的绝缘区域的步骤包括热氧化至少一个被槽暴露的反射镜底层的侧壁。

5.根据权利要求 3 的方法，其中所述形成槽内牺牲的绝缘区域的步骤包括热氧化至少一个被槽暴露的反射镜底层的侧壁。

6.根据权利要求 3 的方法，其中所述形成槽内牺牲的绝缘区域的步骤包括步骤：

热氧化至少一个被槽暴露的反射镜底层 20 的侧壁；以及然后

在槽内沉积一个硅酸盐玻璃层。

7.根据权利要求 2 的方法，其中在所述形成槽内牺牲的绝缘区域的步骤之后是在反射镜底层上及牺牲的绝缘区域上形成由一种挠性材料构成的铰链的步骤。

8.根据权利要求 7 的方法，其中所述凹陷步骤包括选择地蚀刻第一电绝缘层与槽内牺牲的绝缘区域，以暴露铰链。

9.根据权利要求 8 的方法，其中所述选择地蚀刻步骤包括使用光反射镜面作为蚀刻掩模选择地蚀刻第一电绝缘层与牺牲的绝缘区域。

10.根据权利要求 2 的方法,其中所述形成槽内牺牲的绝缘区域的步骤之后是形成一个多晶硅铰链的步骤,此铰链在牺牲的绝缘区域上延伸并附着在反射镜底层的背面上。

11.根据权利要求 10 的方法,其中槽是一个环形槽,它确定一个多边形的反射镜底层;以及其中所述形成一个多晶硅铰链的步骤包括形成一个附着在导电层延伸至槽边缘外面的一部分上的多晶硅铰链。

12.根据权利要求 6 的方法,其中所述形成槽内牺牲的绝缘区域的步骤之后是形成一个多晶硅铰链的步骤,此铰链在牺牲的绝缘区域上延伸并附着在反射镜底层的背面上。

13.根据权利要求 12 的方法,其中槽是一个环形槽;以及其中所述形成一个多晶硅铰链的步骤包括形成一个附着在导电层延伸至槽边缘外面的一部分上的多晶硅铰链。

14.根据权利要求 13 的方法,其中所述凹陷步骤包括选择地蚀刻第一电绝缘层,热氧化反射镜底层侧壁与硅酸盐玻璃层,以暴露多晶硅铰链。

15.根据权利要求 14 的方法,其中所述选择地蚀刻的步骤包括使用光反射镜面作为蚀刻掩模选择地蚀刻第一电绝缘层。

16.根据权利要求 1 的方法,其中导电层包括一个厚度约大于  $10\mu\text{m}$  的单晶硅层;以及其中所述形成反射镜底层的步骤包括选择地深度反应离子蚀刻单晶硅层以形成一个反射镜底层的步骤。

17.根据权利要求 11 的方法,进一步包括形成跨越槽延伸并附着在反射镜底层的背面上的第一静电压紧电极的步骤。

18.根据权利要求 17 的方法,其中所述由导电层形成一个反射镜底层的步骤之前是在导电层上形成氮化硅层的步骤;其中所述形成一个多晶硅铰链的步骤之前是选择地蚀刻氮化硅层以暴露第一部分导电层并暴露反射镜底层背面的第一和第二部分的步骤。

19.根据权利要求 18 的方法,其中所述形成一个多晶硅铰链与形成第一静电压紧电极的步骤包括在暴露的第一部分导电层上及在暴露的反射镜底层背面的第一部分上沉积多晶硅层。

20.根据权利要求 19 的方法,其中所述形成光反射镜面的步骤包括在反射镜底层的前表面上蒸镀或溅射一层金。

21.根据权利要求 1 的方法,其中所述形成光反射镜面的步骤包括在反射镜底层的前表面上蒸镀或溅射一层金。

22.根据权利要求 16 的方法,其中衬底包括厚度大于  $100\mu\text{m}$  的单晶硅衬底;以及其中所述去除一部分衬底的步骤包括使用深度反应离子蚀刻技术选择地蚀刻单晶硅衬底。

23.根据权利要求 11 的方法,其中导电层包括一个厚度约大于  $10\mu\text{m}$  的单晶硅层;以及其中所述形成反射镜底层的步骤包括通过使用深度反应离子蚀刻技术选择地蚀刻导电层,由导电层形成一个反射镜底层。

24.根据权利要求 23 的方法,其中衬底包括一个厚度大于  $100\mu\text{m}$  的单晶硅衬底;以及其中所述去除一部分衬底的步骤包括使用深度反应离子蚀刻技术选择地蚀刻单晶硅衬底。

25.根据权利要求 1 的方法,其中所述去除一部分衬底的步骤之后是在反射镜底层的背面上电镀一层镍的步骤。

26.根据权利要求 9 的方法,其中所述去除一部分衬底的步骤之后是在反射镜底层的背面上电镀一层镍的步骤。

27.根据权利要求 19 的方法,其中所述去除一部分衬底的步骤之后是步骤:

选择地蚀刻氮化硅层以暴露反射镜底层背面的第三部分;以及在反射镜底层背面的第三部分上电镀一层镍。

28.根据权利要求 20 的方法,其中所述去除一部分衬底的步骤之后是步骤:

选择地蚀刻氮化硅层以暴露反射镜底层背面的第三部分;以及在反射镜底层背面的第三部分上电镀一层镍。

29.根据权利要求 22 的方法,其中所述去除一部分衬底的步骤之后是在反射镜底层背面上电镀一层镍的步骤。

30.一种形成光电子装置的方法,包括步骤:

在衬底的第一表面上形成一个导电层;

通过形成一个延伸经过导电层的环形槽, 由导电层构成一个反射镜底层;

在与对着第一表面反向延伸的第二表面处去除一部分衬底, 以暴露反射镜底层的前表面; 以及

在反射镜底层的前表面上形成一个光反射镜面。

31. 根据权利要求 30 的方法, 其中导电层包括一个厚度约大于  $10\mu\text{m}$  的单晶硅导电层; 以及其中所述形成反射镜底层的步骤包括使用深度反应离子蚀刻技术在单晶硅导电层中蚀刻一个环形槽。

32. 根据权利要求 30 的方法, 其中衬底包括一个厚度约大于  $100\mu\text{m}$  的单晶硅支撑层; 以及其中所述去除一部分衬底的步骤包括使用深度反应离子蚀刻技术蚀刻通过单晶硅支撑层。

33. 根据权利要求 31 的方法, 还包括形成一个附着在反射镜底层背面上并附着在导电层上的多晶硅铰链的步骤。

34. 根据权利要求 33 的方法, 其中所述形成光反射镜面的步骤包括在反射镜底层的前表面上蒸镀或溅射一层金。

35. 根据权利要求 34 的方法, 进一步包括在反射镜底层的背面上电镀一层镍的步骤。

36. 根据权利要求 33 的方法, 其中所述形成一个多晶硅铰链的步骤包括形成一个附着在反射镜底层的背面上并交叠环形槽的多晶硅静电电压紧电极。

37. 根据权利要求 30 的方法, 其中所述去除一部分衬底的步骤之前是热氧化被环形槽暴露至少一个的反射镜底层侧壁的步骤。

38. 根据权利要求 34 的方法, 其中所述形成多晶硅铰链的步骤包括形成一个附着在反射镜底层的背面上并交叠环形槽的多晶硅静电电压紧电极。

39. 根据权利要求 38 的方法, 其中所述去除一部分衬底的步骤之前是热氧化被环形槽暴露的至少一个反射镜底层侧壁的步骤。

40. 一种形成光电子装置的方法, 包括步骤:

邻近绝缘体上硅衬底的第一表面，形成一个厚度约大于  $10\mu\text{m}$  的单晶反射镜硅底层；

形成一个机械连接反射镜底层与绝缘体上硅衬底的多晶硅铰链；

使用深度反应离子蚀刻技术，在绝缘体上硅衬底的第二表面处去除一部分衬底，以暴露反射镜底层的前表面；以及

在反射镜底层的前表面上形成一个光反射镜面。

41.根据权利要求 40 的方法，其中绝缘体上硅衬底包括一层厚度约大于  $10\mu\text{m}$  的单晶硅导电层；以及其中所述形成单晶硅反射镜底层的步骤包括使用深度反应离子蚀刻技术在单晶硅导电层中蚀刻一个环形槽。

42.根据权利要求 40 的方法，其中所述形成一个光反射镜面的步骤包括在反射镜底层的前表面上蒸镀或溅射一层反射材料。

43.根据权利要求 42 的方法，其中反射材料层包括从金和铝组成的材料组中选择的一种材料。

44.根据权利要求 43 的方法，进一步包括在反射镜底层的背面上电镀一层镍的步骤。

45.根据权利要求 40 的方法，进一步包括在反射镜底层的背面上电镀一层镍的步骤。

46.根据权利要求 41 的方法，其中所述形成多晶硅铰链的步骤包括形成一个附着在反射镜底层的背面上并交叠环形槽的多晶硅静电电压紧电极。

47.根据权利要求 41 的方法，其中所述去除一部分绝缘体上硅衬底的步骤之前是热氧化被环形槽暴露的至少一个反射镜底层侧壁的步骤。

48.根据权利要求 41 的方法，其中所述形成一个光反射镜面的步骤包括在反射镜底层的前表面上蒸镀或溅射一层反射材料；以及其中所述形成多晶硅铰链的步骤包括形成一个附着在反射镜底层的背面上并交叠环形槽的多晶硅静电电压紧电极。

49.根据权利要求 48 的方法，其中所述去除一部分绝缘体上硅衬

底的步骤之前是热氧化被环形槽暴露的至少一个反射镜底层侧壁的步骤。

50.一种光电子装置，包括：

一个其中带有开口的衬底，至少部分地贯通延伸，且有一个凸耳从开口的侧壁向内延伸；

开口内有一个反射镜，所述反射镜有一个边缘，当所述反射镜处于闭合位置时，此边缘由凸耳支撑；以及

一个铰链，机械连接所述反射镜与所述衬底，使所述反射镜能从闭合位置转动至打开位置。

51.根据权利要求 50 的装置，其中所述反射镜上有一个同开口自行对中的光反射镜面。

52.根据权利要求 50 的装置，其中所述反射镜包括一个厚度约大于  $10\mu\text{m}$  的单晶硅反射镜底层。

53.根据权利要求 51 的装置，其中所述反射镜包括一个厚度约大于  $10\mu\text{m}$  的单晶硅反射镜底层。

54.根据权利要求 50 的装置，其中所述铰链包括多晶硅。

55.根据权利要求 53 的装置，其中所述铰链包括一个环形多晶硅层，其附着在所述单晶硅反射镜底层的背面上并附着在所述衬底的邻近开口位置处的表面上。

56.根据权利要求 53 的装置，其中所述反射镜为矩形，长度约大于  $200\mu\text{m}$ 。

57.根据权利要求 50 的装置，其中所述铰链包括一个环形多晶硅层构成，其附着在所述单晶硅反射镜底层的背面上并附着在所述微电子衬底的邻近开口位置处的表面上。

58.根据权利要求 50 的装置，其中所述微电子衬底内有一个导电层，当所述反射镜处于闭合位置时，它同所述反射镜基本在同一平面上。

59.根据权利要求 58 的装置，其中所述反射镜包括一个厚度约大于  $10\mu\text{m}$  的单晶硅反射镜底层；以及其中所述铰链包括一个多晶硅层，



其附着在所述单晶硅反射镜底层的背面上并附着在所述导电层的邻近开口位置处的表面上。

60.根据权利要求 59 的装置，进一步包括一个多晶硅静电压紧电极，附着在所述单晶硅反射镜底层的背面上。

61.根据权利要求 60 的装置，其中所述多晶硅静电压紧电极对着所述导电层表面延伸。

62.根据权利要求 61 的装置，其中所述衬底包括一个绝缘体上硅（SOI）衬底。

63.根据权利要求 51 的装置，其中所述光反射镜面包括从金与铝组成的材料组中选择的一种材料。

64.根据权利要求 53 的装置，进一步包括一个附着在所述单晶硅反射镜底层背面上的金属框架，所述金属框架的面积为：当建立通过开口的磁场时足以引起所述反射镜从闭合位置转动至打开位置。

65.根据权利要求 64 的装置，其中所述金属框架包括镍。

66.根据权利要求 50 的装置，其中所述衬底包括：

一个厚度约大于  $10\mu\text{m}$  的单晶硅支撑层；

一个在所述单晶硅支撑层表面上的中间氧化层；以及

一个在中间氧化层上的厚度约大于  $10\mu\text{m}$  的单晶硅导电层。

67.根据权利要求 66 的装置，其中开口延伸通过单晶硅支撑层、中间氧化层与单晶硅活性层；其中单晶硅支撑层中开口的尺寸小于单晶硅活性层中开口的尺寸；以及其中当所述反射镜处于闭合位置时，其边缘支撑在所述单晶硅支撑层上。

68.根据权利要求 52 的装置，其中所述铰链包括多晶硅。

69.根据权利要求 53 的装置，其中所述铰链包括多晶硅。

70.一种光电子装置，包括：

一个其中有一个开口的绝缘体上硅衬底；

一个当处于闭合位置时布置在开口内的反射镜；以及

一个多晶硅铰链，机械连接所述反射镜与所述绝缘体上硅衬底，使当引导磁场通过开口时所述反射镜能从闭合位置转动至打开位置。

71.根据权利要求 70 的装置, 其中所述反射镜包括:

一个厚度约大于  $10\mu\text{m}$  的单晶硅底层; 以及

一个在所述单晶硅底层的前表面上的光反射镜面。

72.根据权利要求 71 的装置, 进一步包括一个附着在所述单晶硅底层的背面上的多晶硅静电压紧电极。

73.根据权利要求 72 的装置, 其中所述多晶硅静电压紧电极对着所述绝缘体上硅衬底反向延伸, 且当所述反射镜处于闭合位置时对所述反射镜提供机械支撑。

74.根据权利要求 71 的装置, 其中所述光反射镜面同开口自行对中。

75.根据权利要求 74 的装置, 其中所述光反射镜面包括金与铝组成的材料组中选择的一种材料。

76.一种操作光电子装置的方法, 其包括其中有一个开口的半导体衬底、一个当处于闭合位置时布置在开口内的反射镜及一个机械连接反射镜与半导体衬底的铰链, 所述方法包括步骤:

施加一个足够的第一强度磁场通过开口, 以引起反射镜围绕铰链从闭合位置转动至打开位置。

77.根据权利要求 76 的方法, 其中所述装置包括一个静电压紧电极, 当反射镜处于闭合位置时, 其附着在反射镜上并对着半导体衬底的第一部分表面延伸; 其中铰链包括一个多晶硅铰链, 其机械连接反射镜与半导体衬底的第二部分表面; 以及其中所述方法还包括步骤:

通过建立静电压紧电极与半导体衬底表面之间的静电势将反射镜压紧在闭合位置, 同时施加第一强度磁场通过开口。

## 其中带有弹出反射镜的集成光 电子装置及形成与操作方法

本发明涉及光电子装置以及形成与操作所述装置的方法，更具体地，涉及利用反射面以引导光能的光电子装置以及形成与操作所述装置的方法。

其中带有反射镜的微型电动机械(MEM)装置推荐用于引导光束穿过一个光电子衬底。这类装置可用于从显示器至光子  $N \times N$  开关的各种各样应用范围。这类装置已在 Motamedi 等的标题为“微型电动机械(MEM)光谐振器及方法”的美国专利 No.5,903,380 中公开。尤其是，Motamedi 等的 '380 专利公开了一个集成微型电动机械光谐振器，它包括一个一端固定在衬底上、另一端在衬底上面自由伸展的悬臂梁。还提供一个双压电晶片致动器，叠加在梁固定端的上面。还有一个反射面部分地覆盖在梁自由端的上面。双压电晶片致动器包括具有不同热膨胀系数的材料层。在此双压电晶片致动器上跨接一个直流偏置的交流电压，随着通过它的电流的增减引起它发热与冷却。由此建立一个双压电晶片效应，导致悬臂梁与反射面按照电流的变化而振荡。联合带有一个光源的谐振器与致动器激励电路组成一个光扫描器发动机，发出一个超过 20 度的扫描角与一个高的扫描频率。遗憾的是，'380 专利的在悬臂梁上提供的反射镜面由于悬臂梁可能响应双压电晶片效应而变为弯曲或其它变形，从而不具有近似地限制衍射的光学质量。

Fleming 的标题为“双稳态微型电动机械致动器”的美国专利 No. 5,867,302 也公开了一个其中带有反射镜的 MEM 装置。尤其是，该 '302 专利公开了一个 MEM 致动器，其在衬底上形成并包括一个通常为矩形的受压膜片，由于该膜片的中点连接至一个弹性构件而对边连接至一对延伸支撑，当释放时它呈现一个曲线的截面形状。受压膜片可在一对具有镜象对称的机械状态之间作静电转换，在去除编程电压后

MEM 致动器保持静止状态。根据本发明的各个实施例的双稳态 MEM 致动器可用于构成一个非易失性存贮元件，一个光调制器（带有一对支撑在膜片上面并随着膜片转换同步运动的反射镜），一个可转换的反射镜（带有一个其中点支撑在膜片上面的单反射镜），与一个门锁继电器（带有一对随膜片转换而打开与闭合的触点）。也可构成双稳态 MEM 致动器的阵列，用于包括非易失性存贮器、光显示器与光计算机等应用场合。‘302 专利的图 7a-7b 还公开了一个包括一个可转动反射镜的 MEM 致动器实施例。遗憾的是，在 ‘302 专利中描述的用于形成一个其上支撑可转动反射镜的膜片的工艺较复杂，因而可能同常规的微电子处理技术不相适应。因此，在 ‘302 专利中公开的装置可能不易集成常规的集成电路衬底上的电子装置。

因此，尽管上述 MEM 装置其中带有反射镜，仍需要能改变光束方向并具有近似地限制衍射的光学质量的光电子装置以及同常规的微电子装置制造技术相容的形成与使用所述装置的方法。

因而本发明的一个目的是提供经改进的光电子装置以及形成与操作所述装置的方法。

本发明的另一个目的是提供能改变光束方向的光电子装置以及形成与操作所述装置的方法。

本发明的再另一个目的是提供其中带有可动的反射微结构的光电子装置以及形成与操作所述装置的方法。

本发明的又一个目的是提供其中带有具有近似地限制衍射的光学质量的反射微结构的光电子装置以及形成与操作所述装置的方法。

本发明还有一个目的是提供其中带有在最大为几微米的小孔上显示极高平直度的光反射镜的光电子装置以及形成与操作所述装置的方法。

通过光电子装置可提供本发明的这些与其它的目的、优点与特性，根据本发明的一个实施例的光电子装置包括一个其中带有一个开口、至少部分地贯通延伸的衬底。在此开口中提供一个具有近似地限制衍射质量的反射镜，该反射镜通过一个铰链与衬底机械连接使该反射镜

能从闭合位置转动至打开位置。根据本发明的一个优选方面，反射镜由一个厚度约大于  $10\mu\text{m}$  的单晶硅反射镜底层与一个在底层上面的光反射镜面组成。该镜面可包括例如金或铝，且可使用一种蒸镀或溅射技术镀施加到底层上。这个单晶硅反射镜底层能高度抵抗当承受压力时引起的弯曲或其它变形。

根据本发明的另一个优选方面，铰链包括一个多晶硅铰链，它提供一个同衬底的机械和电连接。在反射镜底层的背面上还提供一层例如镍的金属，使得对开口施加一个足够强的磁场将引起作用在金属层上的力从而将反射镜底层拉至直立位置。在单晶硅底层上还提供一个多晶硅静电压紧电极。即使在对开口施加一个足够强的磁场的情况下该压紧电极可方便地用于将反射镜压紧在闭合位置。因此，根据本发明可提供一个带有许多独立可控的反射微结构（例如“弹出(pop-up)”反射镜）的衬底。

根据本发明的另一个实施例，形成光电子装置的优选方法包括在衬底的第一表面上形成一个导电层然后通过形成一个延伸经过导电层的环形槽由导电层形成一个反射镜底层的步骤。环形槽最好使用深度反应离子蚀刻(DRIE)技术形成，但是，也可使用例如 KOH 的蚀刻剂进行一个各向异性的蚀刻步骤。然后去除第二表面处的一部分衬底以暴露反射镜底层的前表面。之后可在反射镜底层的前表面上形成一个光反射镜面。衬底也可包括一个厚度约大于  $100\mu\text{m}$  的单晶硅支撑层（例如硅片），而去除一部分衬底的步骤可包括使用一个深度反应离子蚀刻技术蚀刻通过单晶硅支撑层的步骤。

根据本发明的方法还优选包括形成一个多晶硅铰链的步骤，该铰链附着在反射镜底层的背面上并附着在导电层上。形成一个光反射镜面的步骤也优选包括蒸镀或溅射一层金或铝到反射镜底层的前表面上。为了使反射镜底层能磁致动，在反射镜底层的背面上电镀一层镍。但是，为了制止磁致动，形成一个多晶硅铰链的步骤也优选包括形成一个多晶硅静电压紧电极的步骤，该电极附着在反射镜底层的背面并与环形槽交叠。形成一个多晶硅铰链与多晶硅压紧电极的步骤之前是

通过热氧化至少一个被环形槽暴露的反射镜底层的侧壁用一个电绝缘层填充环形槽的步骤。然后可通过将一层掺磷的硅酸盐玻璃 (PSG) 沉积到槽内接着将沉积层弄得同反射镜底层的背面齐平的方法填充槽内剩余的开口。

图 1A-1I 是沿图 2 的 1-1' 线的中间结构剖视图, 它图示根据本发明的第一实施例的其中带有弹出反射镜的光电子装置的优选形成方法。

图 2 是根据本发明的第一实施例的其中带有弹出反射镜的光电子装置的平面布置示意图。

图 3 是图 2 的光电子装置沿 3-3' 线的剖视图。

图 4A-4I 是沿图 5 的 4-4' 线的中间结构剖视图, 它图示根据本发明的第二实施例的其中带有弹出反射镜的光电子装置的优选形成方法。

图 5 是根据本发明的第二实施例的其中带有弹出反射镜的光电子装置的平面布置示意图。

图 6 是图 5 光电子装置沿 6-6' 线的剖视图。

现在将在下文中参考附图详细描述本发明, 附图中示出了本发明的优选实施例。然而, 本发明可以许多不同方式实现, 不应看作只局限于提出的实施例, 更具体地, 提供这些实施例是为了使此公开彻底与完整, 并向本领域技术人员表述本发明的范围。在这些附图中, 为清楚起见夸大了各层与各区域的厚度。图中所有相同的标号指的是相同的元件。可以理解: 当一个元件例如一个层、区域或衬底被称为在另一个元件上时, 它可能是直接在该元件上或可能还存在中间元件。相反, 当一个元件被称为直接在另一元件上时, 不存在中间元件。同样, 当一个元件被称为同另一个元件连接或耦连时, 它可能直接同元件连接或耦连, 或可能还存在中间元件。相反, 当一个元件被称为同另一个元件直接连接或耦连时, 不存在中间元件。

现在参看图 1A-1I, 其中带有弹出反射镜的光电子装置的优选形成方法包括形成一个绝缘体上硅 (SOI) 衬底 10 的步骤。如图 1A 所

示, SOI 衬底 10 可包括一个厚度约大于  $100\mu\text{m}$  的单晶硅片 12 与一个在硅片 12 的上表面上的中间电绝缘层 14。中间电绝缘层 14 可通过热氧化硅片 12 的上表面而形成。中间电绝缘层 14 的厚度最好约在  $0.1$  至  $0.5\mu\text{m}$  之间的范围内。SOI 衬底 10 还优选包括一个厚度约在  $10$  至  $100\mu\text{m}$  之间的范围内且最好为  $50\mu\text{m}$  的单晶硅导电层 16。此导电层 16 可有一个抛光面, 该抛光面可使用例如常规的晶片键合技术同中间电绝缘层 14 键合。或者, 此导电层 16 可使用外延横向过生长 (ELO) 技术在中间电绝缘层 14 的上表面上形成。一个厚度约在  $0.1$  至  $0.5\mu\text{m}$  之间的范围内的氮化硅层 17 也可在导电层 16 上形成。

现在参看图 1B 与图 2, 可通过形成一个环形槽 18 确定反射镜底层 20, 该槽延伸通过导电层 16 并暴露起蚀刻阻挡层作用的中间电绝缘层 14。反射镜底层 20 可确定为一个矩形层, 当在打开位置观察时, 其宽度 “ $W_M$ ” 约为  $350\mu\text{m}$ , 其高度 “ $H_M$ ” 约为  $250\mu\text{m}$ 。环形槽 18 优选使用深度反应离子蚀刻 (DRIE) 技术通过选择地蚀刻导电层 16 而形成, 该技术提供一个高度选择性并便于形成一个具有高纵横比的槽 18。此 DRIE 技术可使用 DRIE 工具例如由表面技术系统有限公司 (参见 <http://www.stsystems.com/equip.html>) 制造的一种 Multiplex 工具进行。使用该工具, 可形成一个宽度为  $5\mu\text{m}$  深度相当于导电层 16 的厚度 (例如  $50\mu\text{m}$ ) 的槽 18。或者, 环形槽 18 可使用 KOH 蚀刻剂通过各向异性蚀刻步骤至少部分地形成。

如图 1C 所示, 这时进行一个步骤以收窄槽 18 的有效宽度。该步骤优选通过进行一个热氧化步骤以在导电层 16 与反射镜底层 20 的暴露侧壁上选择地生长氧化隔离层 22 来实现 (使用氮化硅层 17 作为热氧化掩模)。对于宽度约  $5\mu\text{m}$  的槽 18, 可形成氧化隔离层 22 使具有约  $2\mu\text{m}$  的厚度。本领域技术人员将理解, 氧化隔离层 22 的形成将导致导电层 16 与反射镜底层 20 的侧壁变得凹陷, 这是因为在热氧化步骤期间这些层内的硅原子将被消耗。因此, 尽管事实上对一个宽度为  $5\mu\text{m}$  的槽 18 可形成一个厚度约为  $2\mu\text{m}$  的氧化隔离层, 但在热氧化步骤以后得到的槽 18 的宽度仍将约大于  $1\mu\text{m}$ 。

现在参看图 1D, 接着进行一个步骤, 通过在图 1C 的结构上沉积一层掺磷硅酸盐玻璃 (PSG) 覆盖层用一个电绝缘层填充槽 18 内的剩余开口。然后将此覆盖层弄平以确定槽 18 内牺牲的绝缘区域 24。在不形成氧化隔离层 22 及一个较厚的 PSG 覆盖层沉积到槽 18 中的情况下, 弄平步骤可包括一个化学-机械抛光 (CMP) 步骤。

现在参看图 1E 与图 2, 接着可进行一个光刻确定蚀刻步骤以去除部分氮化硅覆盖层 17 从而暴露反射镜底层 20 背面的选定部分 (触点开口 A、B 与 C), 并暴露导电层 16 延伸至邻近槽 18 的一部分 (触点开口 D)。紧接着, 在氮化硅层 17 上与导电层 16 表面和反射镜底层 20 背面的暴露部分上沉积厚度约在 1 至  $3\mu\text{m}$  范围内 (例如  $2\mu\text{m}$ ) 的多晶硅覆盖层。然后多晶硅覆盖层被构图以确定多晶硅铰链 26 与一对多晶硅静电电压紧电极 28。根据本发明的优选方面, 在沉积与构图步骤期间, 氧化隔离层 22 与槽 18 内牺牲的绝缘区域 24 提供对多晶硅覆盖层的支撑。可构图多晶硅铰链 26 使其具有约  $8-10\mu\text{m}$  的宽度 " $W_H$ "。如图 2-3 所示, 多晶硅铰链 26 电气并机械连接反射镜底层 20 与导电层 16。

现在参看图 1F, 接着使用另一个深度反应离子蚀刻 (DRIE) 技术蚀刻单晶硅片 12 的背面, 以确定单晶硅片 12 中暴露中间电绝缘层 14 的开口 19。在此 DRIE 步骤期间, 中间电绝缘层 14 起到一个蚀刻阻挡层的作用。为提供对反射镜底层 20 的机械支撑, 开口的尺寸优选设计成小于由槽 18 确定的反射镜底层 20 的尺寸。然而, 由于静电电压紧电极 28 也能提供充分的机械支撑以使反射镜底层 20 悬置在开口 19 内, 因此开口尺寸可设计成等于或大于反射镜底层 20 的尺寸。

然后, 如图 1G 与图 2 所示, 在氮化硅层 17 上进行另一个光刻确定蚀刻步骤, 以暴露反射镜底层 20 的背面。在此蚀刻步骤之后进行在反射镜底层 20 的暴露的背面上电镀一层厚度范围约在  $5\mu\text{m}$  至  $30\mu\text{m}$  内的镍层 33 的步骤。这里, 在蚀刻氮化硅层 17 期间使用的蚀刻掩模在电镀步骤期间仍用作掩模。

现在参看图 1H, 接着进行一个常规的蚀刻步骤以便从反射镜底层



20 的前抛光表面上去除中间电绝缘层 14 的暴露部分。然后在反射镜底层 20 的前表面上形成一个光反射镜面 30。此镜面 30 可通过在反射镜底层 20 的前表面上蒸镀一层金而形成。或者，此镜面 30 可通过在反射镜底层 20 的前表面上蒸镀一层铝而形成。此镜面 30 还可通过在反射镜底层 20 的前表面上溅射一层金或铝而形成。本领域技术人员将理解，这些蒸镀或溅射金或铝以确定镜面 30 的技术导致形成一个同硅片 12 中的开口自行对中的镜面 30。然后通过使用镜面 30 与硅片 12 作为蚀刻掩模进行选定的蚀刻步骤以释放反射镜底层 20。特别是，可进行一个湿蚀刻步骤，它引起中间电绝缘层 14 变得凹陷并从槽 18 内去除氧化隔离层 22 与牺牲的绝缘区域 24，如图 1I 所示。在完成此湿蚀刻步骤时，反射镜底层 20 将由多晶硅静电电压紧电极 28 与由硅片 12 形成的凸耳 12a 支撑。

现在具体参看图 2，提供一个其中带有一个弹出反射镜的光电子装置的平面布置示意图。如图示，反射镜底层 20 通过一个多晶硅铰链 26 同导电层 16 机械并电气连接，使反射镜底层 20 能从开口内闭合位置转动至直立位置与打开位置。当处于打开位置时，反射镜底层 20 可布置为垂直于导电层 16。还提供一对多晶硅静电电压紧电极 28。这些压紧电极 28 在触点开口 A 与 B 处同反射镜底层 20 连接，并通过多晶硅铰链 26 同导电层 16 的第一部分（在触点开口 D 处）电气连接。如图 1I 与图 3 所示，压紧电极 28 对着导电层 16 内的区域 E 与 F 延伸。氮化硅层 17 的各部分也在导电层 16 与每个压紧电极 28 的端部之间延伸。当导电层 16 的底层部分与各压紧电极 28 之间建立静电势时，氮化硅层 17 的这些部分起电容器电介质材料的作用。这个静电势引起一个作用在压紧电极 28 上的向下力  $F_2$ 。在反射镜底层 20 上还提供一个镍框架层 33。如发明者在这里确定的，施加一个足够强的磁场“B”通过开口 19 将引起一个作用在镍框架层 33 上的向上力  $F_1$ ，将反射镜底层 20 拉起并转动至基本直立的位置。这个由磁场“B”引起的向上力可被反向静电力  $F_2$  抵消，此静电力  $F_2$  建立在压紧电极 28 与导电层 16 的相应的相对区域 E 和 F 之间（区域 E 和 F 同导电层 16 内的区域

G 电气隔离)。因此,即使存在一个足够强的磁场 B,仍可将反射镜底层 20 压紧在闭合位置上。

现在参看图 4A-4I,根据本发明的另一实施例的形成弹出反射镜的优选方法包括形成一个衬底 10 的步骤。如图 4A 所示,衬底 10 可包括一个厚度约大于  $100\mu\text{m}$  的单晶硅片 12 与一个在硅片 12 的上表面上的中间电绝缘层 14。中间电绝缘层 14 可通过热氧化硅片 12 的上表面而形成。中间电绝缘层 14 的厚度最好约在  $0.1\mu\text{m}$  至  $0.5\mu\text{m}$  范围内。衬底 10 最好还包括一个厚度约在  $10\mu\text{m}$  至  $100\mu\text{m}$  范围内并最好约为  $50\mu\text{m}$  的单晶硅的导电层 16。此导电层 16 可有一个抛光表面且例如可使用常规的晶片键合技术将此抛光表面键合在中间电绝缘层 14 上。或者,可利用外延横向过生长 (ELO) 技术在中间电绝缘层 14 的上表面上形成导电层 16。同样可在导电层 16 上形成一个厚度约在  $0.1$  至  $0.5\mu\text{m}$  范围内的氮化硅层 17。

现在参看图 4B 与图 5,反射镜底层 20 可通过形成一个延伸经过导电层 16 并暴露起蚀刻阻挡层作用的中间电绝缘层 14 的环形槽 18 来确定。反射镜底层 20 可确定为一个当从开口位置观察时具有宽度 “ $W_M$ ” 约为  $350\mu\text{m}$  与高度 “ $H_M$ ” 约为  $250\mu\text{m}$  的矩形层。环形槽 18 可使用深度反应离子蚀刻 (DRIE) 技术通过选择地蚀刻导电层 16 而形成,从而提供一个高度的选择性,且便于形成高纵横比的槽 18。或者,环形槽 18 可使用 KOH 蚀刻剂通过各向异性蚀刻步骤而形成。

如图 4C 所示,接着进行一个步骤以收窄槽 18 的有效宽度。此步骤最好通过在导电层 16 与反射镜底层 20 的暴露侧壁上进行一个热氧化步骤以选择地生长氧化隔离层 22 (使用氮化硅层 17 作为热氧化掩模) 来实现。对于宽度约  $5\mu\text{m}$  的槽 18,可形成厚度约  $2\mu\text{m}$  的氧化隔离层 22。

现在参看图 4D,接着进行一个步骤,通过在图 4C 的结构上沉积一个掺磷硅酸盐玻璃 (PSG) 的覆盖层,用一种电绝缘材料填充槽 18 的剩余开口。然后构图此覆盖层以确定槽 18 内及氮化硅层 17 表面上的牺牲的绝缘区域 24',如图示。现在参看图 4E 与图 5,接着在氮化

硅层 17 上及经构图的牺牲的绝缘区域 24' 上沉积一层厚度约在  $1\mu\text{m}$  至  $3\mu\text{m}$  范围内 (例如  $2\mu\text{m}$ ) 的多晶硅覆盖层。然后此多晶硅覆盖层被构图以确定一个多晶硅铰链 26 与一对同铰链 26 电气连接并与其不间断的多晶硅静电压紧电极 28。

现在参看图 4F, 接着使用一个深度反应离子蚀刻 (DRIE) 技术蚀刻单晶硅片 12 的背面以确定单晶硅片 12 中的一个暴露中间电绝缘层 14 的开口 19。在此 DRIE 步骤期间, 中间电绝缘层 14 起蚀刻阻挡层的作用。然后, 如图 4G 与图 5 所示, 在氮化硅层 17 上进行光刻确定蚀刻步骤以暴露反射镜底层 20 的背面。在此蚀刻步骤之后进行在反射镜底层 20 的暴露的背面上电镀一层厚度约在  $5\mu\text{m}$  至  $30\mu\text{m}$  范围内的镍层 33 的步骤。这里, 在蚀刻氮化硅层 17 期间使用的蚀刻掩模在电镀步骤期间同样用作掩模。

现在参看图 4H, 接着进行一个常规的蚀刻步骤使从反射镜底层 20 的前抛光表面上去除中间电绝缘层 14 的暴露部分。然后在反射镜底层 20 的前表面上形成一个光反射镜面 30。此反射镜面 30 可通过在反射镜底层 20 的前表面上蒸镀一层金而形成。

然后通过使用反射镜面 30 与硅片 12 作为蚀刻掩模, 进行选定的蚀刻步骤以释放反射镜底层 20。特别是, 可进行一个湿蚀刻步骤, 它引起中间电绝缘层 14 变得凹陷并从槽 18 内及静电压紧电极 28 下面去除氧化间隔层 22 与牺牲的绝缘区域 24', 如图 4I 所示。

现在具体参看图 5, 提供一个其中带有弹出反射镜的光电子装置的平面布置示意图。如图示, 反射镜底层 20 通过一个多晶硅铰链 26 同导电层 16 机械连接, 使反射镜底层 20 能从开口内闭合位置转动至直立与打开位置。当处于打开位置时, 反射镜底层 20 可布置成垂直于导电层 16。还提供一对多晶硅静电压紧电极 28。如图 4I 与图 6 所示, 压紧电极 28 对着导电层 16 内的区域 E 与 F 延伸。氮化硅层 17 的各部分也在导电层 16 与每个压紧电极 28 的端部之间延伸。当导电层 16 的底层部分与各压紧电极 28 之间建立一个静电势时, 氮化硅层 17 的这些部分起到一个电容器电介质材料的作用。这个静电势引起一个作

用在压紧电极 28 上的向下力  $F_2$ 。在反射镜底层 20 上还提供一个镍框架层 33。如发明者在这里确定的，施加一个有足够强度的磁场 “B” 通过开口 19 将在镍框架层 33 上引起一个将反射镜底层 20 拉起并转动至大致直立位置的向上力  $F_1$ 。这个由磁场 “B” 引起的向上力  $F_1$  可被建立在压紧电极 28 与导电层 16 的各相对区域 E 和 F（区域 E 和 F 同导电层 16 内的区域 G 电气隔离）之间的反向静电力  $F_2$  抵消。因此，即使存在足够强的磁场 B，仍可将反射镜底层 20 压紧在闭合位置上。

在这些附图与说明中，典型公开了本发明的优选实施例，尽管使用了一些具体术语，但它们只用于一般性与描述的意义而不用于限制的目的，本发明的范围在后面的权利要求书中提出。

说明书附图

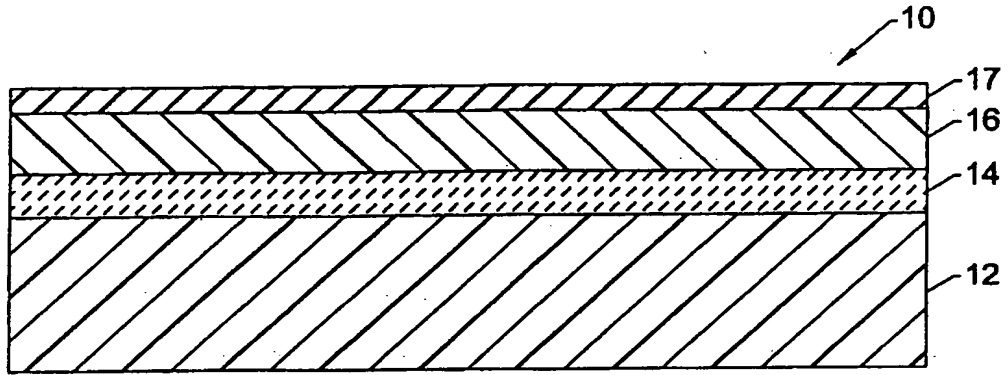


图1A.

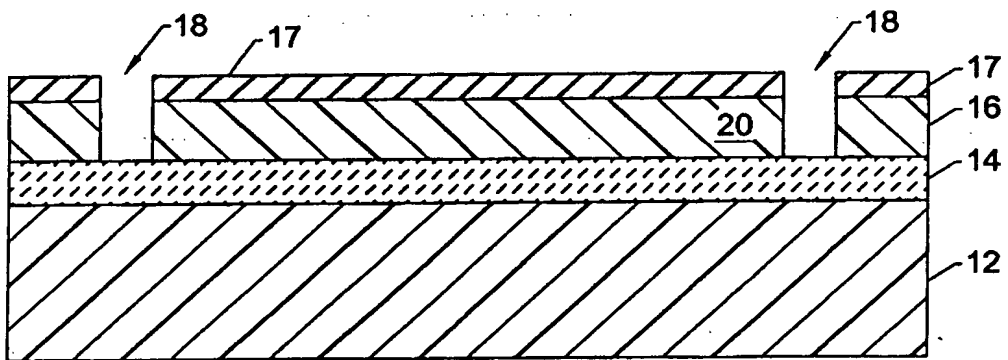


图1B.

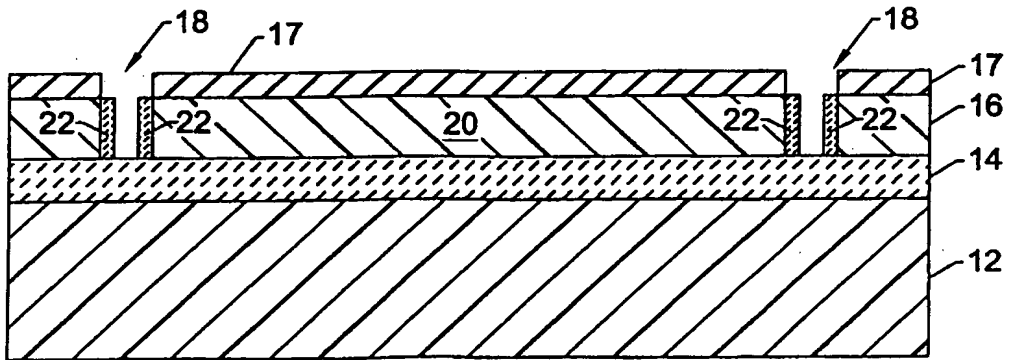


图1C.

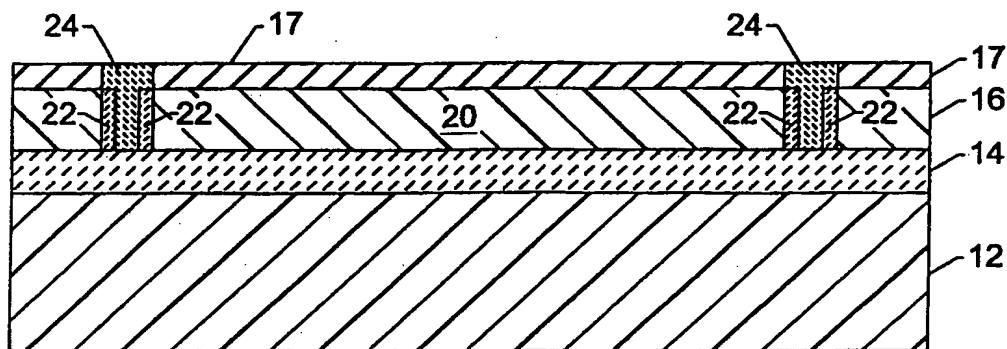


图 1D.

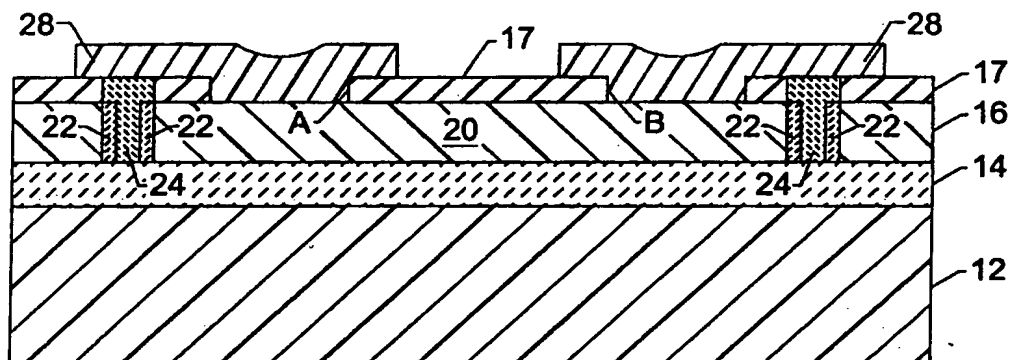


图 1E.

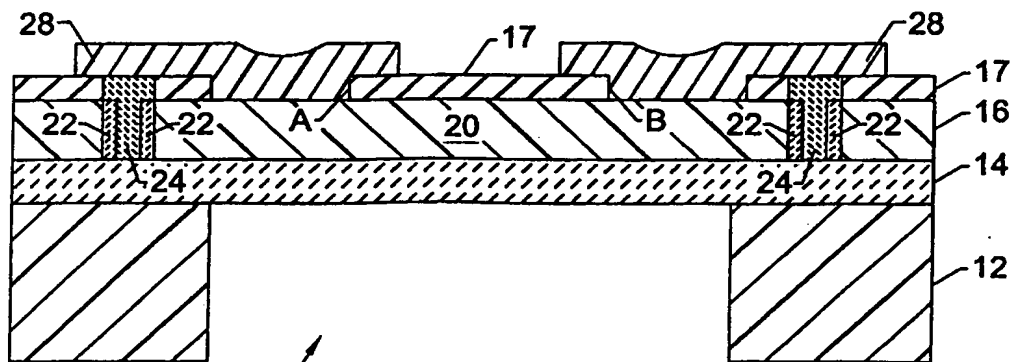


图 1F.

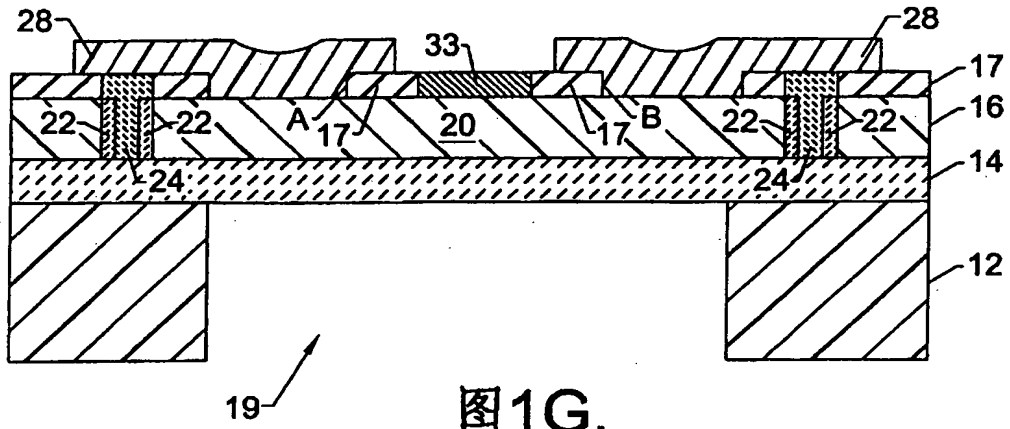


图1G.

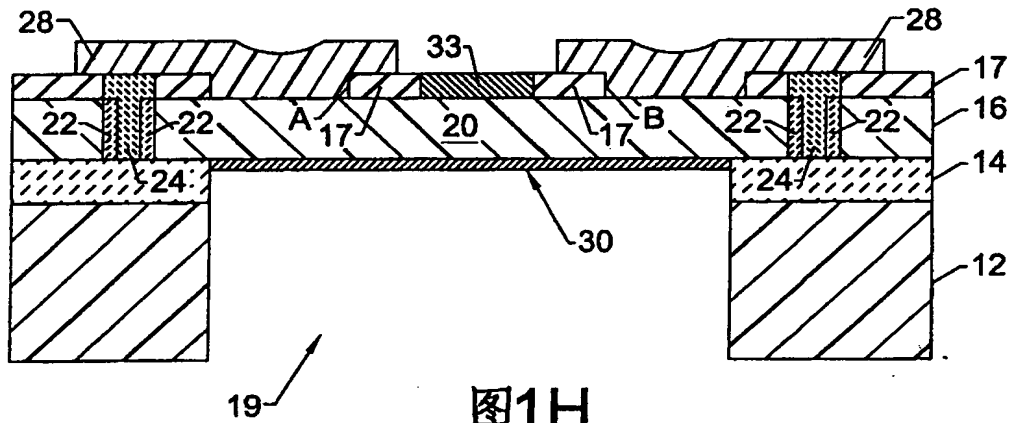


图1H.

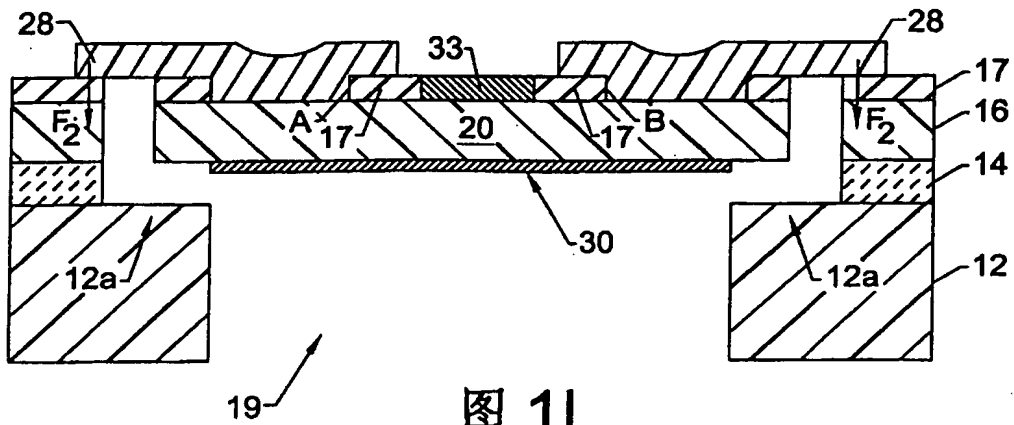


图 1I.

00.18.30

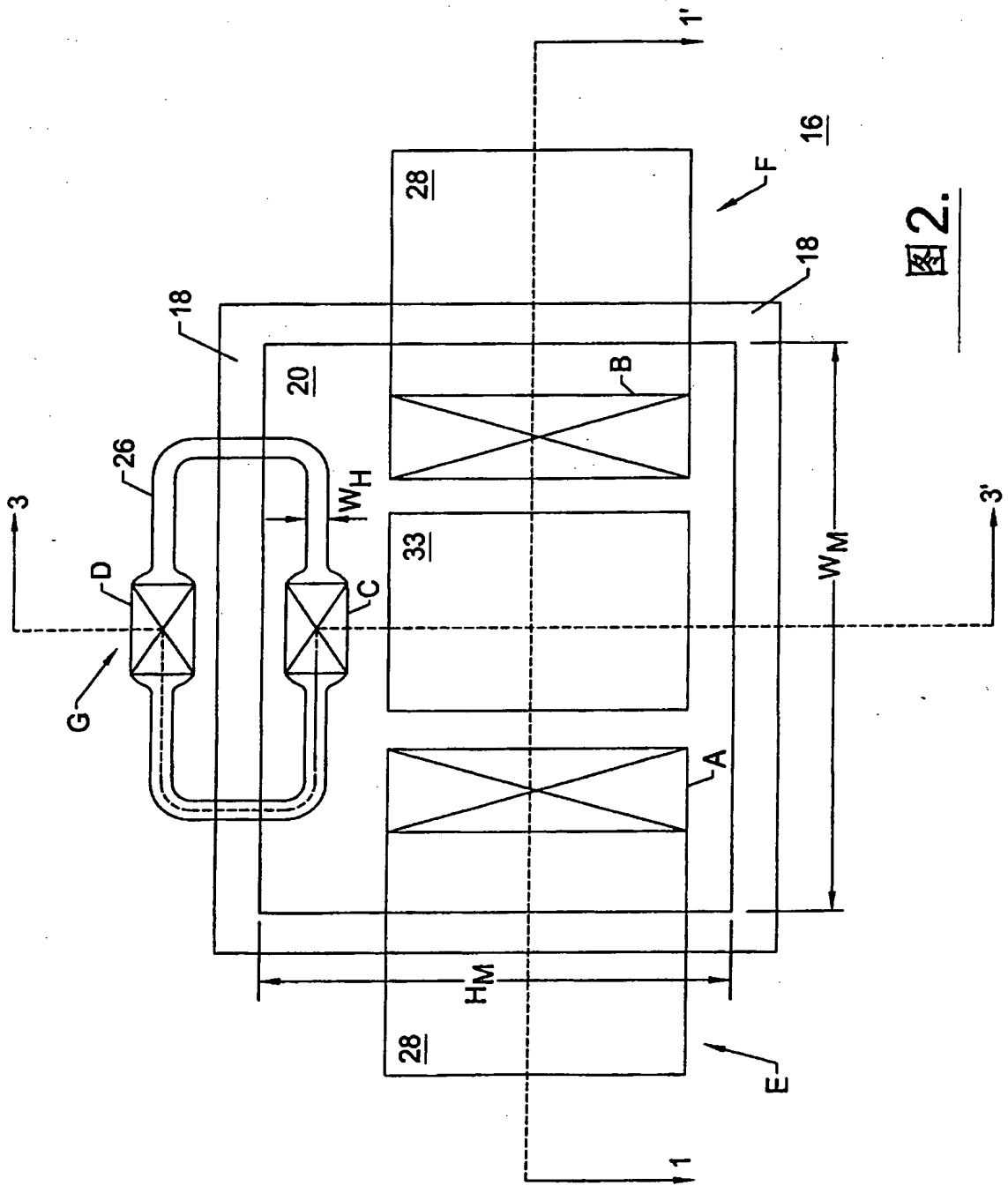


图2.



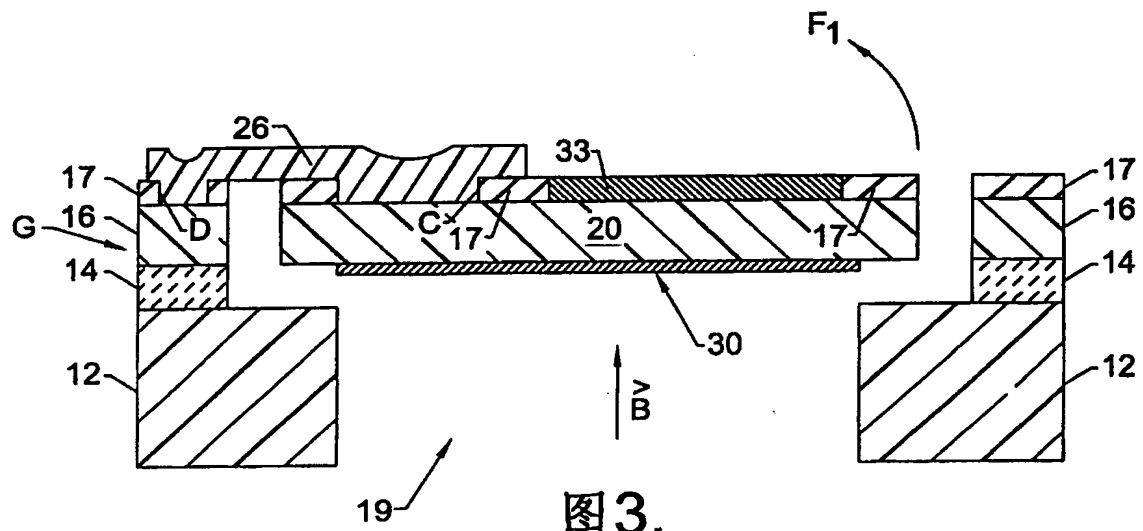


图3.

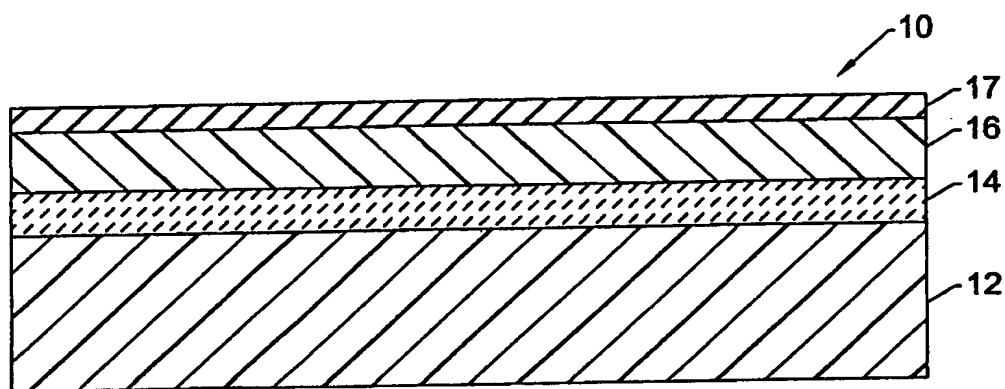


图4A.

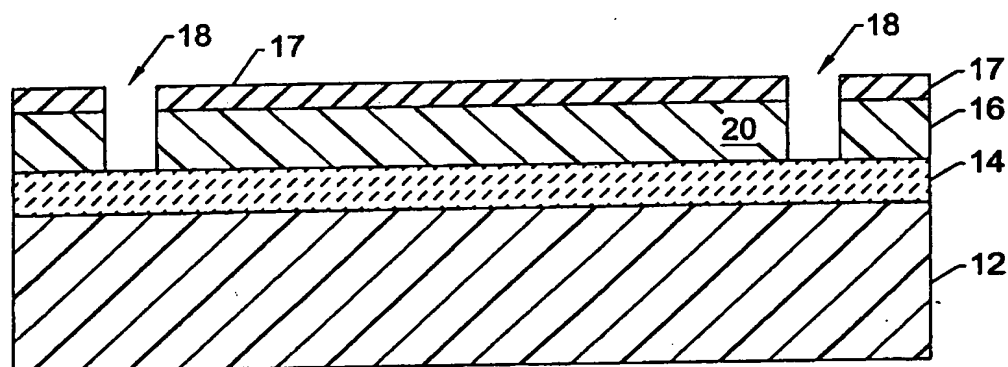


图4B.

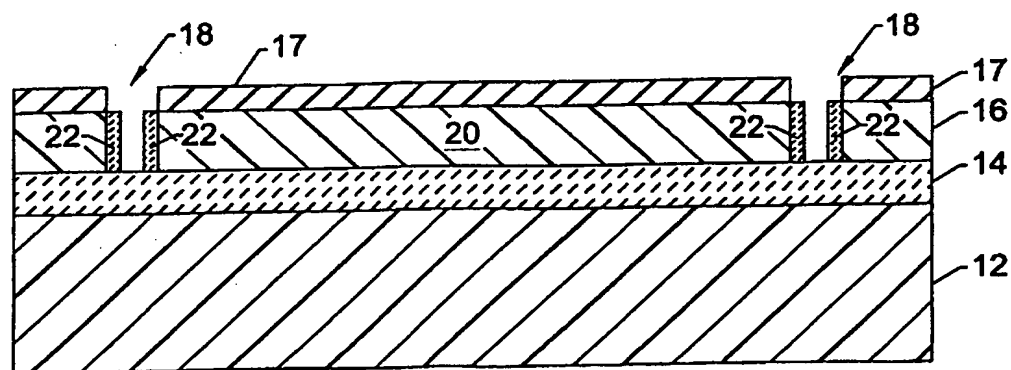


图4C.

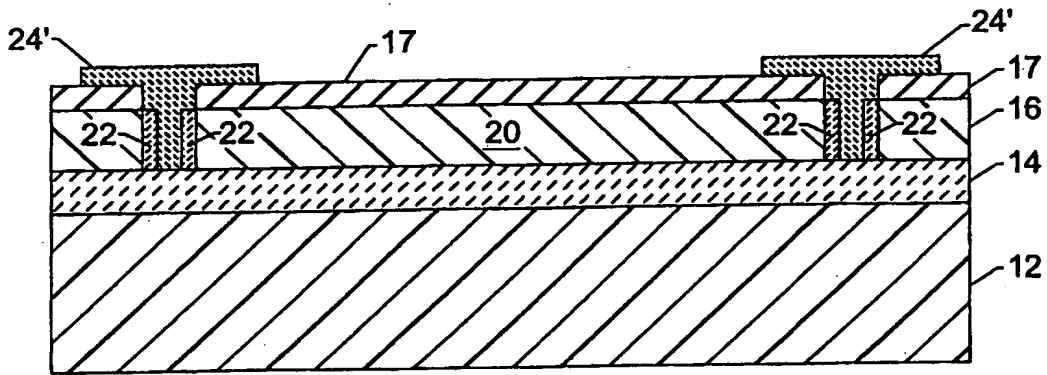


图4D.

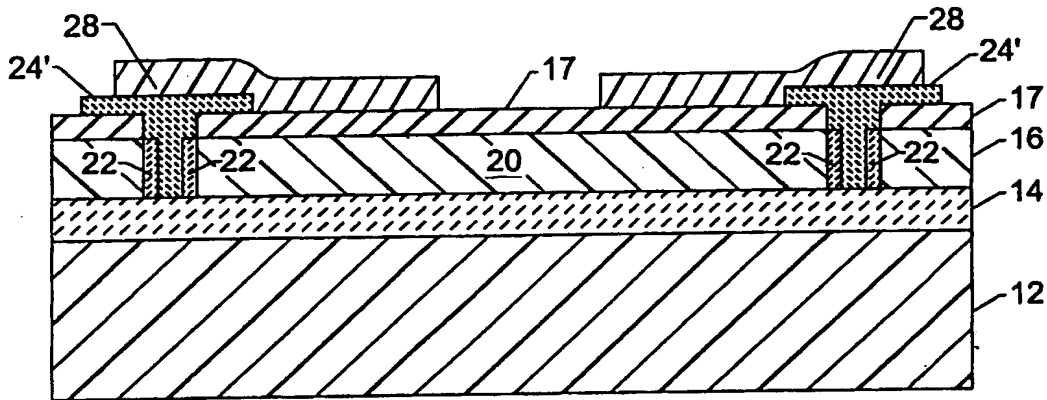


图 4E.

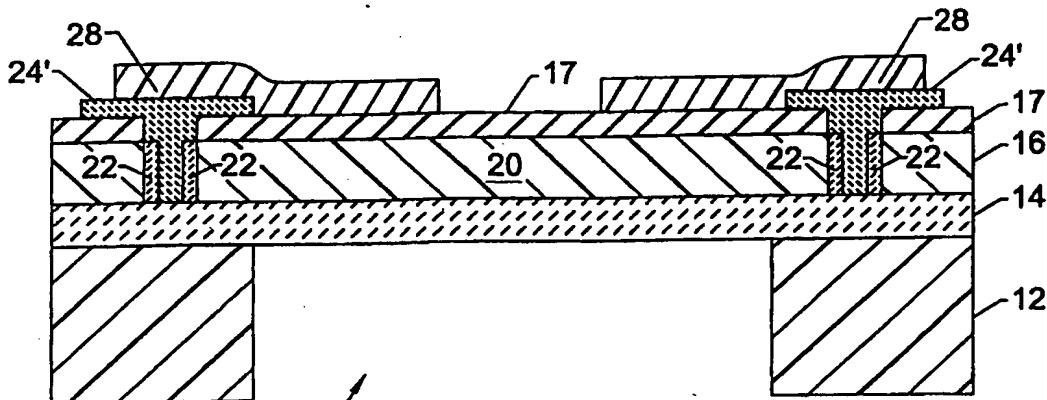


图4F.

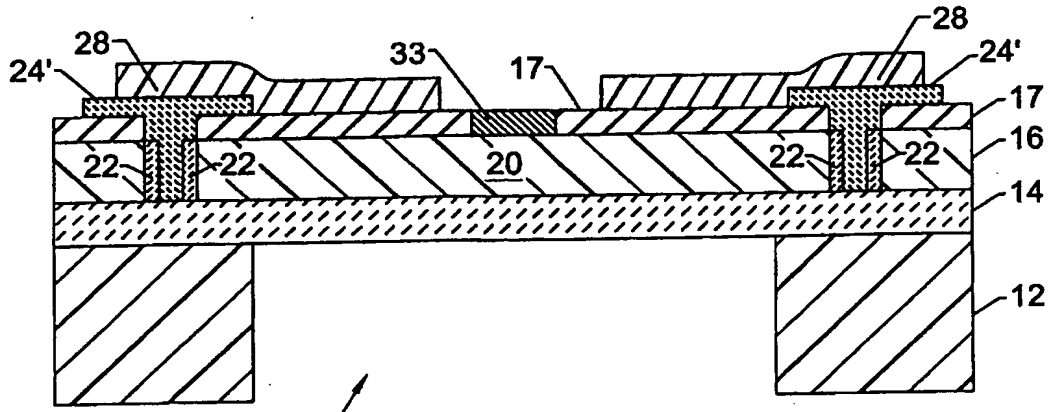


图 4G.

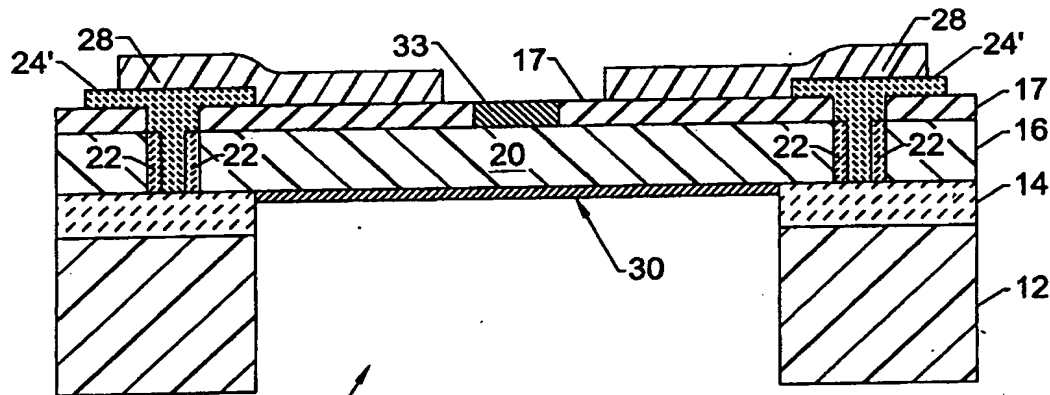


图 4H.

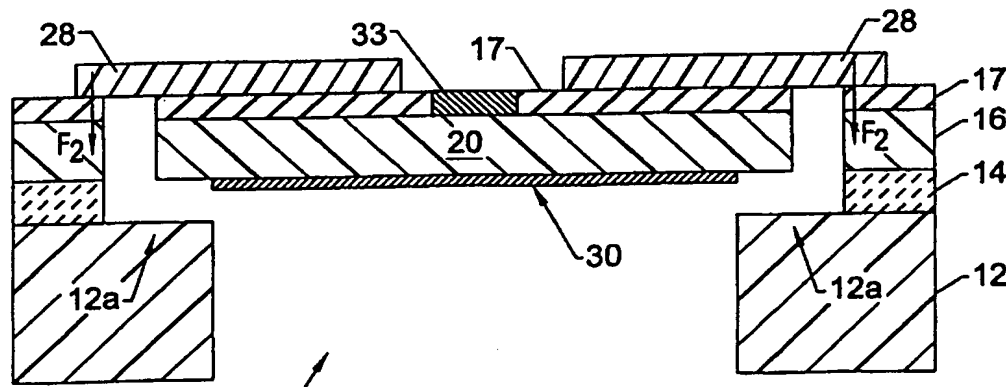


图 4I.

00.13.10

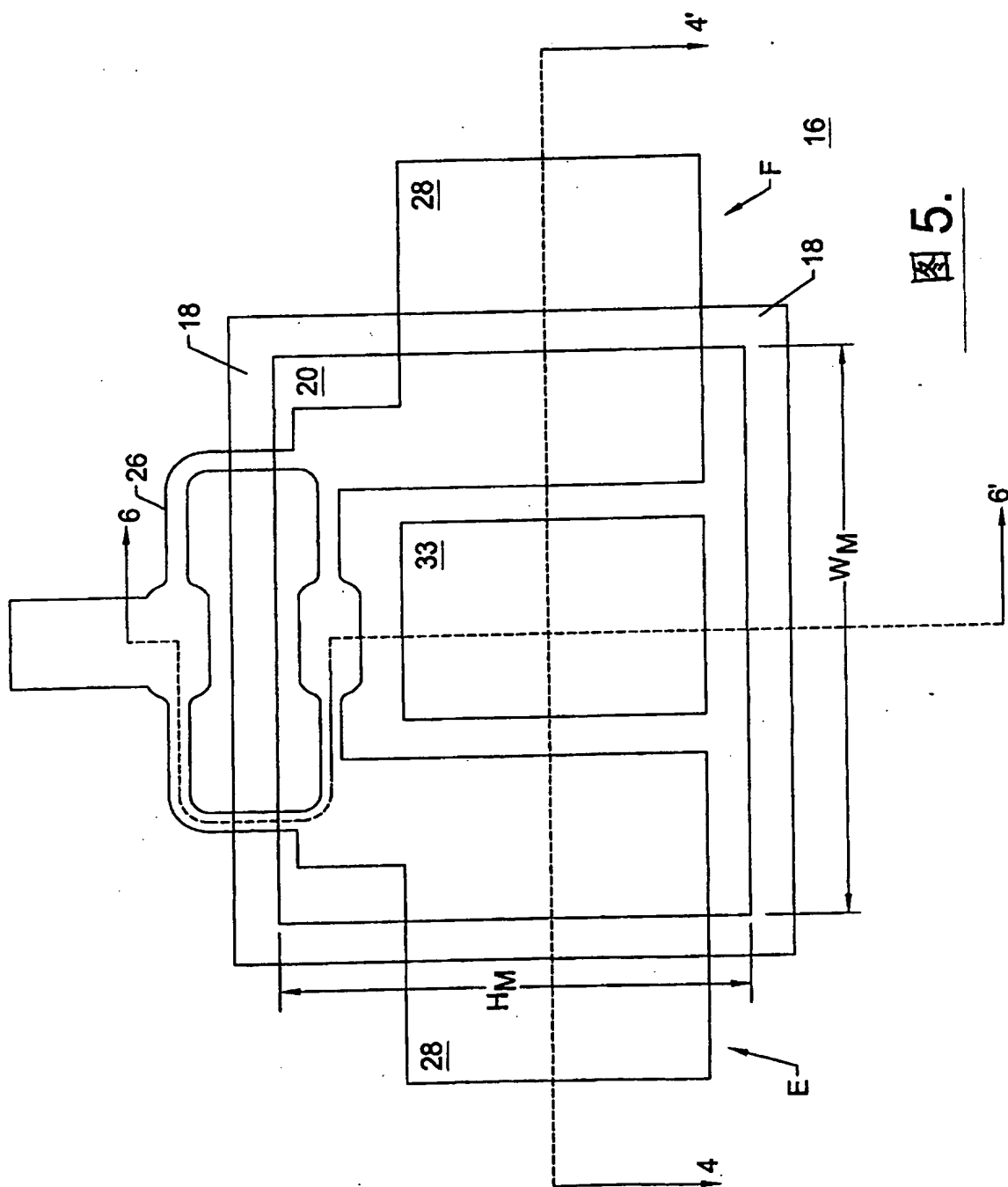


图 5.

